

(Handbook Iron & Steel)

第 3 版  
鉄 鋼 便 覧

Ⅲ(1)

圧延基礎・鋼板

日本鉄鋼協会  
編

丸 善 株 式 会 社

に分けて考えられる。端部何 mm から内側でクラウンを定義するかは定説はないが、25 mm が用いられることが多い。本来はエッジからの距離を併記すべきものである。

熱延板のクラウンと冷延鋼板のそれとの関係は、古くより調べられており<sup>163-165)</sup>、両者の間には、ほぼ直線的な関係がある(図8・35)。すなわち冷延鋼板のクラウンは、熱延板のクラウンにより一義的に決まり、冷間圧延段階での制御はほぼ不可能であるといえる。一方、冷延鋼板のエッジドロップに対しては熱延板のクラウンや内部性状はほとんど影響せず、むしろ冷間圧延条件(圧下配分、張力など)の影響が大きい<sup>167)</sup>。

熱延原板のプロフィルと冷延鋼板の形状(冷間圧延後)との関係を連判材を用いて調べた結果を図8・36に示す。Aタイプのようにクラウンの大きなものでは形状は良好であるが、それとは別に板端部での過薄によるオフゲージがみられ、逆にCタイプのように小さいクラウンでは耳伸び形状となりやすく、また凹状のプロフィルや、板端部における異常プロフィルが発生しやすいという問題がある。このため素材クラウンには最適値が存在し、一般には30~50  $\mu\text{m}$  程度の凸状クラウンが最適である。

(ii) 異常プロフィル 熱延板でハイスポットののような異常プロフィルがあると冷間圧延において条伸びのような形状不良を生じたり、冷間圧延後や調質圧延後などのコイル巻取時ビルドアップが発生し、圧着きずや、焼なまし時の密着を引き起こす。異常プロフィルにはハイスポットの他に、ウェッジタイプ(片クラウン)や凹状プロフィルも含まれる。異常突起の場合、その高さは5~10  $\mu\text{m}$  以上では冷延板に対し有害であるといわれている<sup>158,168)</sup>。ウェッジタイプや凹状プロフィルの場合には板幅端部にビルドアップを生じるという点で有害であり、ウェッジタイプの場合、片ゲージは10  $\mu\text{m}$  以下が望ましい<sup>159)</sup>。

## 8・3 酸 洗

### 8・3・1 脱スケール

#### a. 脱スケール機構

##### (i) 酸溶解の電気化学

(1) スケール組成と酸洗性 熱間圧延鋼板表面のスケール組成については2章で詳述されているが、これら鋼板表面のスケール組成によって、酸洗時間は著しく影響される。

(イ) ウズタイト(Wüstite,  $\text{Fe}_{1-y}\text{O}$ , 一般に  $\text{FeO}$ )

酸に対する溶解速度が大きく、 $\text{Fe}/\text{Fe}_{(1-y)}\text{O}$  の局部電池構成による境界面の酸に対する活性化も考えられる。力学的にはウスタイトが存在するとき裂がはいりやすく、破断強度は $\text{Fe}_3\text{O}_4$ : 4 kgf/mm<sup>2</sup>,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ : 1 kgf/mm<sup>2</sup> に対して  $\text{Fe}_{(1-y)}\text{O}$  は 0.1 kgf/mm<sup>2</sup> といわれる<sup>169)</sup>。さらに常温で存在するウスタイトは過冷却ひずみを内在しているため破壊しやすい。

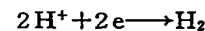
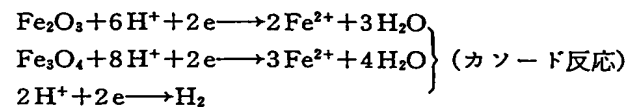
(ロ) マグネタイト(Magnetite,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) 酸に対する溶解速度はウスタイトとヘマタイトの中間に位し、金属鉄と共存する場合は溶解速度は向上する。

他の酸化物よりも破断強度は強く、破壊されにくい。

(ハ) ヘマタイト(Hematite,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) この組成はコイルのエッジ部や末端部のスケール最外層にごく薄く存在することが多い。ヘマタイトは酸に対し難溶性であるが、内層にウスタイトが存在すると、き裂がはいりやすく、ヘマタイトの難溶性は軽減される。

以上のようにスケールの各組成は酸洗性に非常に大きく影響するので、熱延鋼板の酸洗性をよくするためには、580°C 以上の温度から300°C までをできるだけ急冷し、極力ウスタイトの分解を抑えることが好ましい。

(2) 局部電池作用<sup>170)</sup> スケール内に酸化物/酸液/鉄の局部電池が形成される。局部電池による両極の反応を以下に示す。



酸化物がこの種の局部電池反応にあずかるための条件として、酸化物が  $\text{Fe}^{2+}$  イオンより価数の高いイオンを含むこと、十分な電気伝導性を有することが必要である。図8・37に酸洗時の局部電池模型を示す<sup>171)</sup>。アノー

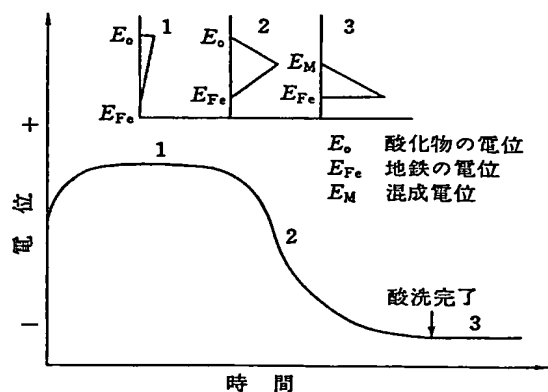


図 8・37 酸洗時における電位の時間的变化と局部電池模型

ドおよびカソードはそれぞれ分極されて混成電位を与える。酸洗が進行すると地鉄露出面積が増大するため混成電位は次第に低い方向に変化し、酸洗完了で一定値になる。

(3) Fe/FeO 電池の挙動 Engell と Wever は酸洗の際に溶解の主役として働く FeO について局部電池の挙動を調べている<sup>172)</sup>。1NH<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (25°C) 中で FeO および Fe のそれぞれについてカソードおよびアノード分極曲線を観測した結果を図 8・38 に示す。これらの曲線はそれぞれ以下の反応に対応しており、FeO および Fe の自然電位ではこれらの反応はほとんど停止している。両極の面積を等しくとって短絡すれば両反応の混成電位に相当する  $E_M = -215\text{mV}$  に落ち着く。

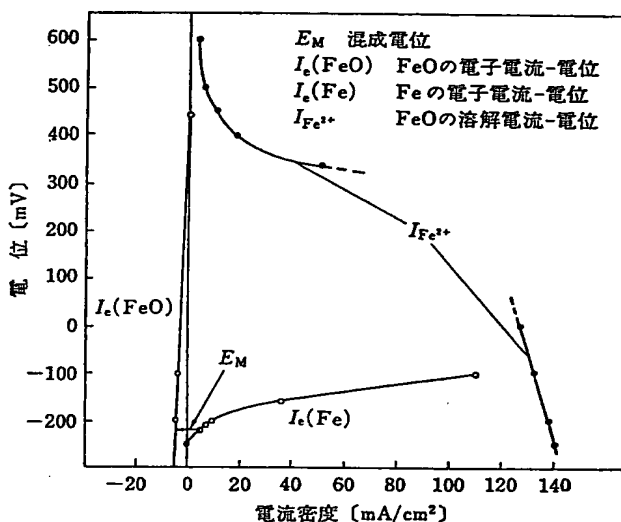
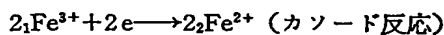


図 8・38 Fe, FeO の電子電流および FeO の溶解電流の電位による変化 (1NH<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 25°C)

この場合  $E_M$  の値は FeO 中の Fe<sup>3+</sup> イオン濃度の関数であるから Fe<sup>3+</sup> 濃度が増加するとカソード分極曲線が左方に移動し、 $E_M$  の値は高い方向に変化する。 $E_M$  の値は Fe と FeO の面積比によっても大幅に変化する。図中 FeO の溶解電流密度-電位曲線を併記しているが、FeO の分極電位が低くなるほど還元溶解度 (溶解電流密度) が増大する。

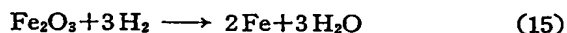
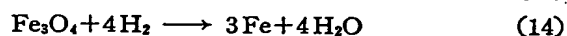
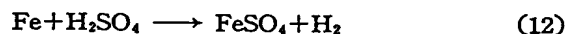
(4) 酸洗損失<sup>170)</sup> スケール中に Fe<sup>3+</sup> が含まれているとその溶解には常に  $\text{Fe}^{3+} + e \rightarrow \text{Fe}^{2+}$  なる還元溶解反応がともない、相手極では  $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2e$  なる反応が起こるので、スケール中に含まれる Fe<sup>3+</sup> の比率に相当する酸洗損失は避けられない。表 8・12 に FeO (Fe<sup>3+</sup>3% 程度含有) と Fe 電極の面積を 1cm<sup>2</sup> にとり、短絡電池による溶解挙動のモデル実験の結果を示す。同表より 5~20% 硫酸溶液 (60~80°C) では酸洗損失はかなり大きい。FeO の溶解電流は高温ほど大きいので高温で酸洗するのが有利である。

塩酸酸洗の場合には濃度 12~18%、温度 20~47°C でも FeO の溶解速度は十分大きく、しかも硫酸の場合に比べて著しく酸洗損失が少なく Fe の犠牲溶解に近い値である。しかし濃度を 24% (47°C) に上げると酸洗損失は非常に増加する。

#### (ii) 塩酸酸洗および硫酸酸洗

(1) 酸洗液のスケール溶解速度 硫酸および塩酸の酸洗反応は以下のように表わされる<sup>173)</sup>。

##### 〈硫酸〉



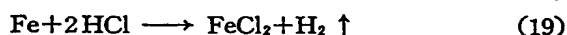
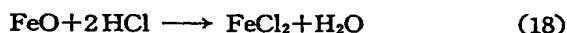
##### 〈塩酸〉



表 8・12 溶解挙動モデル実験の結果

酸	酸濃度 [wt%]	温度 [°C]	溶解電流 [A/m²]	電子電流の溶解電流に対する割合 [%]	電位 [mV]	溶解速度 [g/m²·min]	酸洗損失 [%]
塩酸 HCl	18	20	5 200	3.0	-159	116.0	3.5
	12	20	2 850	3.3	-157	63.6	3.3
	24	47	10 350	3.1	-185	231.0	17.2
	18	47	10 630	2.6	-181	237.0	6.3
	12	47	7 300	2.9	-181	163.0	4.4
硫酸 H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	5	80	2 490	3.0	-230	55.6	18.7
	15	80	7 740	3.0	-210	172.0	12.6
	25	80	5 810	3.4	-185	130.0	13.7
	15	60	2 600	3.8	-192	58.0	14.6
	25	60	4 260	3.0	-191	95.0	22.3

(Wever, Engell による)



硫酸の場合は(12)、(13)の反応は速いが(14)、(15)の反応は緩慢であり、スケールブレイキングなどによりスケール内のき裂を増やし、まずFeO層や地鉄、遊離鉄粒子などと反応させ、これらの溶解作用と発生期の水素の噴出力により機械的に剝離する必要が生じる。

塩酸の場合は表層部とのスケールの反応が速く、地鉄に対する反応はむしろ遅いため、表層部から溶解が進行し、スケールブレイカは省略される場合がある。

図8・39に両酸の酸洗時間の比較を示す。

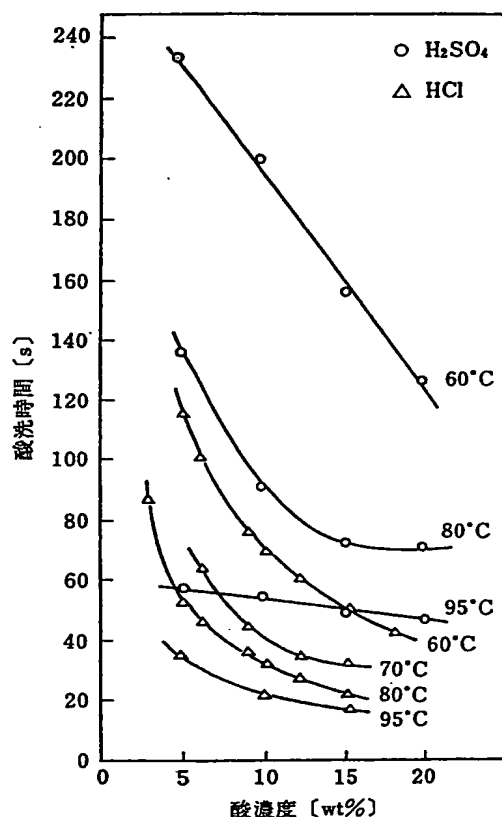


図8・39 酸濃度、浴温度と酸洗時間の関係

(2) 酸洗仕上り状況 塩酸酸洗の場合スマットの生成が少なく、硫酸酸洗と比較してストリップ仕上面が美麗である。酸洗中に形成される塩化鉄は硫酸鉄に比べより可溶性であり、その溶解度は温度を上げると一層増加する。ところが、硫酸鉄の場合は溶解性は約65°Cまでしか増加せず、さらに温度が上がるとかえって減少する。図8・40と8・41に両酸の鉄塩の温度による溶解度を示す<sup>174,175)</sup>。塩化鉄の溶解性が実質的に表面の美しさ

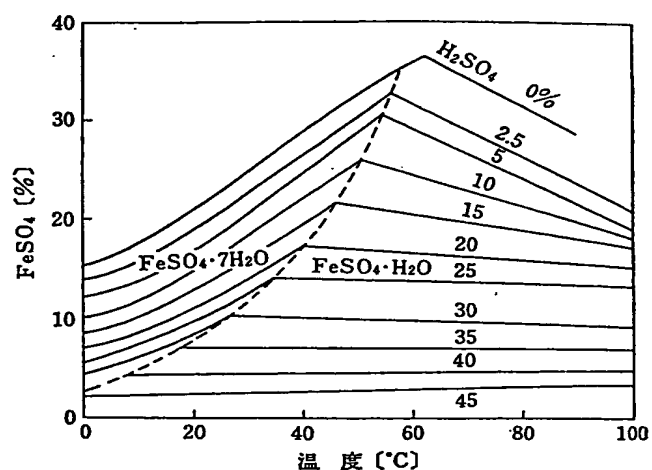


図8・40 硫酸酸洗浴における温度と硫酸鉄の溶解度

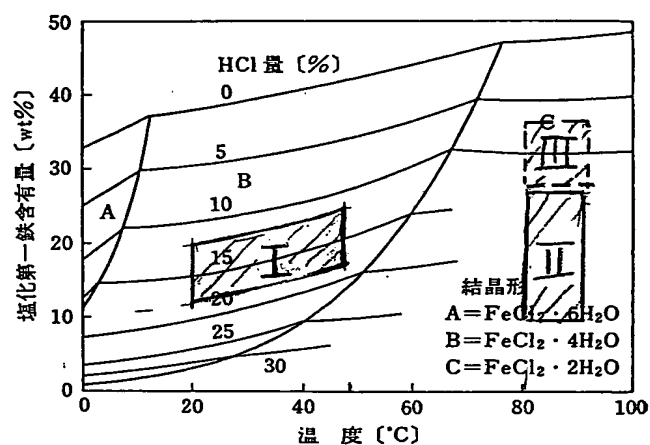


図8・41 塩酸酸洗浴における温度と塩化第一鉄の溶解度

に寄与し、また表面が結晶塩や塩類の酸化過程の残渣などにより汚されることがない。

(3) 両酸のそのほかの性質 塩酸酸洗は硫酸酸洗に比べ水素脆性の危害は少ない。また塩酸は廃酸回収が容易であり、廃液の塩素分および鉄分はそれぞれ塩化水素と酸化鉄として回収でき作業費を安くしている。図8・42に両酸の新酸と回収酸の使用割合を示す。

(4) 塩化水素蒸気 塩酸は揮発性であり、強い腐食性であることから設備の気密性とヒュームエキゾストのスクラバ処理が必要である。図8・43に塩酸酸洗液の酸洗所要時間、酸濃度、温度、塩化水素蒸気密度の関係を示す。また表8・13に塩酸溶液上の塩酸蒸気の分圧[mm Hg]を溶液温度[°C]と塩酸濃度[%]との関係で示す<sup>176)</sup>。

(iii) 新しい脱スケール技術

第3版 鉄鋼便覧 第Ⅲ巻(1) 圧延基礎・鋼板 辛 22,000

---

昭和55年5月15日発行



©1980

編者 社団法人 日本鉄鋼協会

発行者 飯 泉 新 吾

発行所 丸 善 株 式 会 社

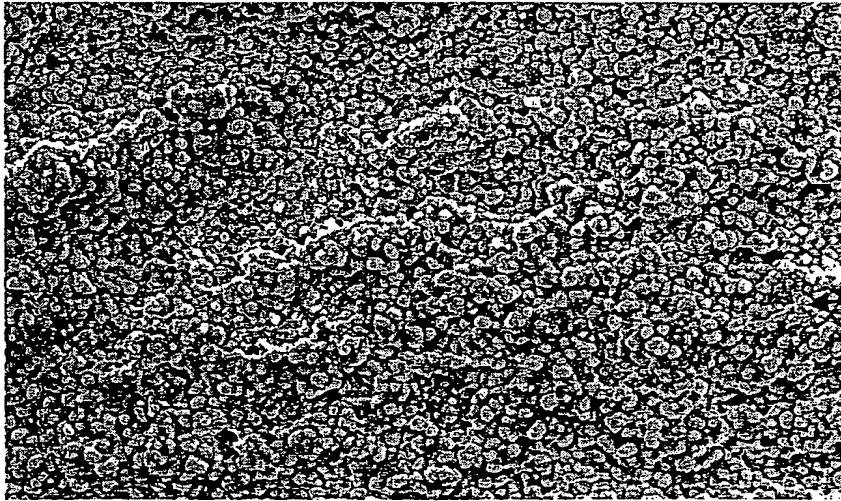
郵便番号 103 東京都中央区日本橋二丁目3番10号

---

印刷 中央印刷株式会社・製本 株式会社 星共社

3357—2461—7924

Fig. A



化成結晶粒  
(スケは全くなし)  
本発明のいずれの条件でもこのような表面になります

Chemical converted grain  
(No bald spots)

Surface condition obtained  
by the present invention  
under any conditions

Present invention

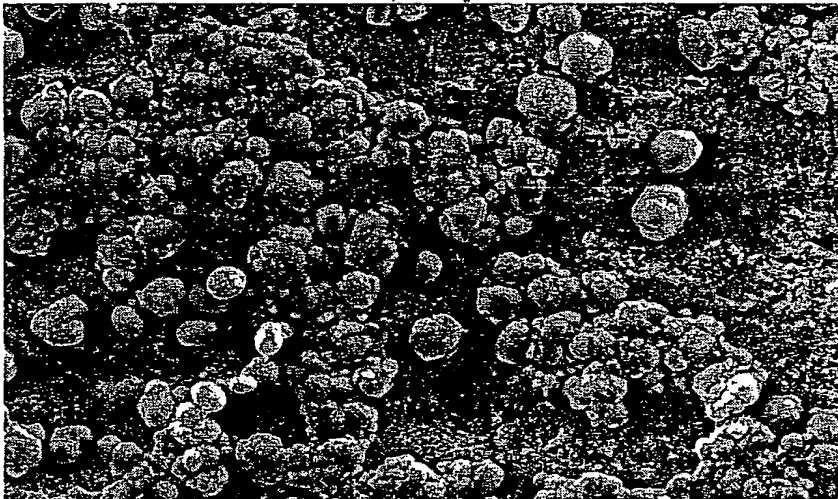
10  $\mu$ m

本発明例					
組成: C:0.10, Si:2.3, Mn:1.9, P:0.006, S:0.002, Al:0.015, N:0.0034 (mass%)					
* 酸洗条件	HCL濃度	Feイオン濃度	温度	浸漬時間	immersion time
	7%	7%	88°C	40sec	

Pickling  
condition

HCL Fe ion concentration temperature  
concentration

Fig. B



化成結晶粒  
Chemical converted grain

スケ  
Bald spots

Conventional pickling

10  $\mu$ m

比較例					
組成: C:0.10, Si:2.3, Mn:1.9, P:0.006, S:0.002, Al:0.015, N:0.0034 (mass%)					
* 酸洗条件	HCL濃度	Feイオン濃度	温度	浸漬時間	immersion time
	7%	16%	85°C	60sec	

Pickling  
condition

HCL Fe ion concentration Temperature  
concentration

15.75  
36